

0
Translation

09/8572-81

PATENT COOPERATION TREATY

PCT

2T

INTERNATIONAL PRELIMINARY EXAMINATION REPORT

(PCT Article 36 and Rule 70)

Applicant's or agent's file reference GR98P5868P	FOR FURTHER ACTION See Notification of Transmittal of International Preliminary Examination Report (Form PCT/IPEA/416)	
International application No. PCT/DE99/03825	International filing date (day/month/year) 01 December 1999 (01.12.99)	Priority date (day/month/year) 03 December 1998 (03.12.98)
International Patent Classification (IPC) or national classification and IPC G05B 17/02		RECEIVED NOV 13 2001 Group 2100
Applicant SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT		

1. This international preliminary examination report has been prepared by this International Preliminary Examining Authority and is transmitted to the applicant according to Article 36.
2. This REPORT consists of a total of 4 sheets, including this cover sheet.

☒ This report is also accompanied by ANNEXES, i.e., sheets of the description, claims and/or drawings which have been amended and are the basis for this report and/or sheets containing rectifications made before this Authority (see Rule 70.16 and Section 607 of the Administrative Instructions under the PCT).

These annexes consist of a total of 1 sheets.

3. This report contains indications relating to the following items:

- I ☒ Basis of the report
- II ☐ Priority
- III ☐ Non-establishment of opinion with regard to novelty, inventive step and industrial applicability
- IV ☐ Lack of unity of invention
- V ☒ Reasoned statement under Article 35(2) with regard to novelty, inventive step or industrial applicability; citations and explanations supporting such statement
- VI ☐ Certain documents cited
- VII ☒ Certain defects in the international application
- VIII ☐ Certain observations on the international application

Date of submission of the demand 12 April 2000 (12.04.00)	Date of completion of this report 09 March 2001 (09.03.2001)
Name and mailing address of the IPEA/EP	Authorized officer
Facsimile No.	Telephone No.

INTERNATIONAL PRELIMINARY EXAMINATION REPORT

International application No.

PCT/DE99/03825

I. Basis of the report

1. This report has been drawn on the basis of (*Replacement sheets which have been furnished to the receiving Office in response to an invitation under Article 14 are referred to in this report as "originally filed" and are not annexed to the report since they do not contain amendments.*):

- ☐ the international application as originally filed.
- ☒ the description, pages 1-20, as originally filed,
 pages _____, filed with the demand,
 pages _____, filed with the letter of _____,
 pages _____, filed with the letter of _____.
- ☒ the claims, Nos. 1-4, 5 (in part), as originally filed,
 Nos. _____, as amended under Article 19,
 Nos. _____, filed with the demand,
 Nos. 5 (in part), 6-10, filed with the letter of 20 February 2001 (20.02.2001),
 Nos. _____, filed with the letter of _____.
- ☒ the drawings, sheets/fig _____, as originally filed,
 sheets/fig _____, filed with the demand,
 sheets/fig 1/3-3/3, filed with the letter of 14 March 2000 (14.03.2000),
 sheets/fig _____, filed with the letter of _____.

2. The amendments have resulted in the cancellation of:

- ☐ the description, pages _____
- ☐ the claims, Nos. _____
- ☐ the drawings, sheets/fig _____

3. ☐ This report has been established as if (some of) the amendments had not been made, since they have been considered to go beyond the disclosure as filed, as indicated in the Supplemental Box (Rule 70.2(c)).

4. Additional observations, if necessary:

INTERNATIONAL PRELIMINARY EXAMINATION REPORT

International application No.
PCT/DE 99/03825

V. Reasoned statement under Article 35(2) with regard to novelty, inventive step or industrial applicability; citations and explanations supporting such statement

1. Statement

Novelty (N)	Claims	1-10	YES
	Claims		NO
Inventive step (IS)	Claims	1-10	YES
	Claims		NO
Industrial applicability (IA)	Claims	1-10	YES
	Claims		NO

2. Citations and explanations

1. This report makes reference to the following document (numbered according to the order in the search report):

D1: WO-A-97/12300 (BOIQUAYE WILLIAM J N O) 3 April 1997 (1997-04-03).

2. PCT Rule 5.1(a)(ii) is not met, since a document which reflects the prior art has not been cited in the description.
3. The present application meets the criteria stipulated by PCT Article 33 with regard to novelty, inventive step and industrial applicability.

Closest prior art: The description does not cite a document which describes the prior art. The documents cited in the search report do not concern the task of designing a technical system. The cited documents also do not describe the "general technical class" (see PCT Guidelines, Chapter III-2.2) of the invention and therefore do not appear to be suitable for representing the prior art.

In spite of this, D1 is specified as the closest prior art, since a more appropriate document is not available.

Differences: the entire Claims 1 and 10.

Effect/problem: the designing of a technical system using measurement data of a predetermined system (see description, page 1, lines 19-24).

Inventive step: the documents cited in the search report do not suggest the claimed device, since they neither address the problem to be solved nor contain the technical features (the features of Claims 1 and 10) used to solve the specified problem.

PATENT COOPERATION TREATY

PCT

NOTIFICATION OF ELECTION

(PCT Rule 61.2)

From the INTERNATIONAL BUREAU

To:

Assistant Commissioner for Patents
United States Patent and Trademark
Office
Box PCT
Washington, D.C. 20231
ETATS-UNIS D'AMERIQUE

in its capacity as elected Office

Date of mailing: 08 June 2000 (08.06.00)	
International application No.: PCT/DE99/03825	Applicant's or agent's file reference: GR98P5868P
International filing date: 01 December 1999 (01.12.99)	Priority date: 03 December 1998 (03.12.98)
Applicant: SCHÄFFLER, Stefan et al	

1. The designated Office is hereby notified of its election made:

☒ in the demand filed with the International preliminary Examining Authority on:
12 April 2000 (12.04.00)☐ in a notice effecting later election filed with the International Bureau on:
_____2. The election ☒ was
☐ was not

made before the expiration of 19 months from the priority date or, where Rule 32 applies, within the time limit under Rule 32.2(b).

The International Bureau of WIPO 34, chemin des Colombettes 1211 Geneva 20, Switzerland Facsimile No.: (41-22) 740.14.35	Authorized officer: J. Zahra Telephone No.: (41-22) 338.83.38
---	---

3

VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM
GEBIET DES PATENTWESENS

PCT

INTERNATIONALER VORLÄUFIGER PRÜFUNGSBERICHT

(Artikel 36 und Regel 70 PCT)

REC'D 13 MAR 2001



PCT

Aktenzeichen des Anmelders oder Anwalts GR98P5868P	WEITERES VORGEHEN siehe Mitteilung über die Übersendung des internationalen vorläufigen Prüfungsberichts (Formblatt PCT/IPEA/416)	
Internationales Aktenzeichen PCT/DE99/03825	Internationales Anmeldedatum (Tag/Monat/Jahr) 01/12/1999	Prioritätsdatum (Tag/Monat/Tag) 03/12/1998
Internationale Patentklassifikation (IPK) oder nationale Klassifikation und IPK G05B17/02		
Anmelder SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT et al.		

1. Dieser internationale vorläufige Prüfungsbericht wurde von der mit der internationalen vorläufigen Prüfung beauftragten Behörde erstellt und wird dem Anmelder gemäß Artikel 36 übermittelt.
2. Dieser BERICHT umfaßt insgesamt 4 Blätter einschließlich dieses Deckblatts.
☒ Außerdem liegen dem Bericht ANLAGEN bei; dabei handelt es sich um Blätter mit Beschreibungen, Ansprüchen und/oder Zeichnungen, die geändert wurden und diesem Bericht zugrunde liegen, und/oder Blätter mit vor dieser Behörde vorgenommenen Berichtigungen (siehe Regel 70.16 und Abschnitt 607 der Verwaltungsrichtlinien zum PCT).
Diese Anlagen umfassen insgesamt 1 Blätter.

3. Dieser Bericht enthält Angaben zu folgenden Punkten:

- I ☒ Grundlage des Berichts
- II ☐ Priorität
- III ☐ Keine Erstellung eines Gutachtens über Neuheit, erfinderische Tätigkeit und gewerbliche Anwendbarkeit
- IV ☐ Mangelnde Einheitlichkeit der Erfindung
- V ☒ Begründete Feststellung nach Artikel 35(2) hinsichtlich der Neuheit, der erfinderischen Tätigkeit und der gewerblichen Anwendbarkeit; Unterlagen und Erklärungen zur Stützung dieser Feststellung
- VI ☐ Bestimmte angeführte Unterlagen
- VII ☒ Bestimmte Mängel der internationalen Anmeldung
- VIII ☐ Bestimmte Bemerkungen zur internationalen Anmeldung

Datum der Einreichung des Antrags 12/04/2000	Datum der Fertigstellung dieses Berichts 09.03.2001
Name und Postanschrift der mit der internationalen vorläufigen Prüfung beauftragten Behörde:  Europäisches Patentamt D-80298 München Tel. +49 89 2399 - 0 Tx: 523656 epmu d Fax: +49 89 2399 - 4465	Bevollmächtigter Bediensteter Westholm, M Tel. Nr. +49 89 2399 2414 

I. Grundlage des Berichts

1. Dieser Bericht wurde erstellt auf der Grundlage (*Ersatzblätter, die dem Anmeldeamt auf eine Aufforderung nach Artikel 14 hin vorgelegt wurden, gelten im Rahmen dieses Berichts als "ursprünglich eingereicht" und sind ihm nicht beigelegt, weil sie keine Änderungen enthalten.*):

Beschreibung, Seiten:

1-20 ursprüngliche Fassung

Patentansprüche, Nr.:

1-4,5 (Teil) ursprüngliche Fassung

5 (Teil),6-10 eingegangen am 20/02/2001 mit Schreiben vom 20/02/2001

Zeichnungen, Blätter:

1/3-3/3 eingegangen am 28/03/2000 mit Schreiben vom 14/03/2000

2. Hinsichtlich der **Sprache**: Alle vorstehend genannten Bestandteile standen der Behörde in der Sprache, in der die internationale Anmeldung eingereicht worden ist, zur Verfügung oder wurden in dieser eingereicht, sofern unter diesem Punkt nichts anderes angegeben ist.

Die Bestandteile standen der Behörde in der Sprache: zur Verfügung bzw. wurden in dieser Sprache eingereicht; dabei handelt es sich um

- ☐ die Sprache der Übersetzung, die für die Zwecke der internationalen Recherche eingereicht worden ist (nach Regel 23.1(b)).
- ☐ die Veröffentlichungssprache der internationalen Anmeldung (nach Regel 48.3(b)).
- ☐ die Sprache der Übersetzung, die für die Zwecke der internationalen vorläufigen Prüfung eingereicht worden ist (nach Regel 55.2 und/oder 55.3).

3. Hinsichtlich der in der internationalen Anmeldung offenbarten **Nucleotid- und/oder Aminosäuresequenz** ist die internationale vorläufige Prüfung auf der Grundlage des Sequenzprotokolls durchgeführt worden, das:

- ☐ in der internationalen Anmeldung in schriftlicher Form enthalten ist.
- ☐ zusammen mit der internationalen Anmeldung in computerlesbarer Form eingereicht worden ist.
- ☐ bei der Behörde nachträglich in schriftlicher Form eingereicht worden ist.
- ☐ bei der Behörde nachträglich in computerlesbarer Form eingereicht worden ist.
- ☐ Die Erklärung, daß das nachträglich eingereichte schriftliche Sequenzprotokoll nicht über den Offenbarungsgehalt der internationalen Anmeldung im Anmeldezeitpunkt hinausgeht, wurde vorgelegt.
- ☐ Die Erklärung, daß die in computerlesbarer Form erfassten Informationen dem schriftlichen Sequenzprotokoll entsprechen, wurde vorgelegt.

4. Aufgrund der Änderungen sind folgende Unterlagen fortgefallen:

- ☐ Beschreibung, Seiten:
- ☐ Ansprüche, Nr.:
- ☐ Zeichnungen, Blatt:

5. ☐ Dieser Bericht ist ohne Berücksichtigung (von einigen) der Änderungen erstellt worden, da diese aus den angegebenen Gründen nach Auffassung der Behörde über den Offenbarungsgehalt in der ursprünglich eingereichten Fassung hinausgehen (Regel 70.2(c)).

(Auf Ersatzblätter, die solche Änderungen enthalten, ist unter Punkt 1 hinzuweisen; sie sind diesem Bericht beizufügen).

6. Etwaige zusätzliche Bemerkungen:

V. Begründete Feststellung nach Artikel 35(2) hinsichtlich der Neuheit, der erfinderischen Tätigkeit und der gewerblichen Anwendbarkeit; Unterlagen und Erklärungen zur Stützung dieser Feststellung

1. Feststellung

Neuheit (N)	Ja: Ansprüche	1-10
	Nein: Ansprüche	
Erfinderische Tätigkeit (ET)	Ja: Ansprüche	1-10
	Nein: Ansprüche	
Gewerbliche Anwendbarkeit (GA)	Ja: Ansprüche	1-10
	Nein: Ansprüche	

2. Unterlagen und Erklärungen
siehe Beiblatt

VII. Bestimmte Mängel der internationalen Anmeldung

Es wurde festgestellt, daß die internationale Anmeldung nach Form oder Inhalt folgende Mängel aufweist:
siehe Beiblatt

1. Es wird auf folgendes Dokument verwiesen (Numerierung nach der Reihenfolge im Recherchenbericht):

D1: WO 97 12300 A (BOIQUAYE WILLIAM J N O) 3. April 1997 (1997-04-03)

2. Regel 5.1(a)(ii) PCT ist nicht erfüllt, da ein Dokument, das den Stand der Technik widerspiegelt, nicht in der Beschreibung angegeben wurde.
3. Die vorliegende Anmeldung erfüllt die in Artikel 33 PCT genannten Kriterien hinsichtlich Neuheit, erfinderischer Tätigkeit und gewerblicher Anwendbarkeit.

Nächster Stand der Technik: In der Beschreibung wurde kein Dokument angegeben, das den Stand der Technik beschreibt. Die in dem Recherchenbericht zitierten Dokumente befassen sich nicht mit der Aufgabe des Entwurfs eines technischen Systems. Die zitierten Dokumente beschreiben also nicht einmal die "allgemeine technische Klasse" (siehe PCT Richtlinien C-III, 2.2) der Erfindung, und scheinen somit nicht geeignet, den Stand der Technik zu repräsentieren.

Als nächstkommender Stand der Technik wird hier trotzdem D1 genannt, da kein besseres Dokument zu Verfügung steht.

Unterschiede: der ganze Anspruch 1 bzw. 10.

Wirkung/Aufgabe: der Entwurf eines technischen Systems anhand von Meßdaten eines vorgegebenen Systems wird ermöglicht.

(Siehe Beschreibung, Seite 1, Zeilen 19-24)

Erfinderische Tätigkeit: Die im Recherchenbericht zitierten Dokumente geben keinen Hinweis auf die beanspruchte Vorrichtung, denn sie behandeln weder die zu lösende Aufgabe noch enthalten sie die technischen Merkmale (die Merkmale des Anspruchs 1 bzw. 10), mit der die Aufgabe hier gelöst wurde.

werden, wenn sie in einem zusammenhängenden Bereich liegen.

- 5 6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem die Menge der Meßdaten im Rahmen einer Vorverarbeitung reduziert wird.
- 10 7. Verfahren nach Anspruch 6, bei dem die Vorverarbeitung eine Klasseneinteilung der Meßdaten umfaßt.
- 15 8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem die mittels Entwurf gewonnenen Daten zur Steuerung einer technischen Anlage eingesetzt werden.
- 20 9. Verfahren nach Anspruch 8, zur Online-Anpassung der Steuerung für die technische Anlage.
- 25 10. Anordnung zum Entwurf eines technischen Systems, mit einer Prozessoreinheit, die derart eingerichtet ist, daß
 - a) Meßdaten eines vorgegebenen Systems anhand eines Ersatzmodells beschrieben werden;
 - 30 b) eine Maßzahl für die Güte des Ersatzmodells ermittelt wird, indem die Meßdaten des vorgegebenen Systems mit durch das Ersatzmodell bestimmten Daten verglichen werden;
 - c) aus der Maßzahl für die Güte das Ersatzmodell dahingehend angepaßt wird, daß es eine möglichst hohe Güte aufweist;
 - d) das hinsichtlich seiner Güte angepaßte Ersatzmodell zum Entwurf des technischen Systems eingesetzt wird.

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
 IPK 7 G05B17/02 G05B23/02

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
 IPK 7 G05B

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	WO 97 12300 A (BOIQUAYE WILLIAM J N O) 3. April 1997 (1997-04-03) das ganze Dokument ---	1-3, 10
X	US 5 587 926 A (CHIU FRANCIS ET AL) 24. Dezember 1996 (1996-12-24) das ganze Dokument ---	1-3, 10
X	US 5 748 508 A (BALEANU MICHAEL-ALIN) 5. Mai 1998 (1998-05-05) das ganze Dokument ---	1-3, 10
A	US 5 124 626 A (THOEN BRADFORD K) 23. Juni 1992 (1992-06-23) das ganze Dokument --- -/--	1, 10

☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

☒ Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderscher Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderscher Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

22. März 2000

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

03/04/2000

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde
 Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
 NL - 2280 HV Rijswijk
 Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
 Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Kelperis, K

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	US 5 119 287 A (FUTAMI SHIGERU ET AL) 2. Juni 1992 (1992-06-02) das ganze Dokument ----	1,10
A	WO 89 03062 A (EASTMAN KODAK CO) 6. April 1989 (1989-04-06) das ganze Dokument -----	1,10

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

DE 99/03825

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
WO 9712300	A	03-04-1997	NONE	
US 5587926	A	24-12-1996	US 5506791 A	09-04-1996
			US 5299141 A	29-03-1994
			US 5172332 A	15-12-1992
			US 5091863 A	25-02-1992
			US 5633809 A	27-05-1996
			AU 9069991 A	11-06-1992
			CA 2073512 A	14-05-1992
			WO 9208963 A	29-05-1992
US 5748508	A	05-05-1998	DE 4243882 C	05-01-1994
			DE 59306295 D	28-05-1997
			DK 676070 T	03-11-1997
			WO 9415268 A	07-07-1994
			EP 0676070 A	11-10-1995
			JP 8505249 T	04-06-1996
US 5124626	A	23-06-1992	DE 69121590 D	26-09-1996
			DE 69121590 T	06-03-1997
			EP 0563063 A	06-10-1993
			WO 9211588 A	09-07-1992
US 5119287	A	02-06-1992	JP 1237701 A	22-09-1989
			JP 2104569 C	06-11-1996
			JP 8030979 B	27-03-1996
			JP 1072201 A	17-03-1989
			JP 2541163 B	09-10-1996
			DE 3852297 D	12-01-1995
			DE 3852297 T	06-04-1995
			EP 0333870 A	27-09-1989
			WO 8902617 A	23-03-1989
			KR 9703823 B	22-03-1997
WO 8903062	A	06-04-1989	DE 3788656 D	10-02-1994
			DE 3788656 T	14-07-1994
			EP 0381668 A	16-08-1990

VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT
IM GEBIET DES PATENTWESSENS

PCT

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

(Artikel 18 sowie Regeln 43 und 44 PCT)

Aktenzeichen des Anmelders oder Anwalts GR98P5868P	WEITERES VORGEHEN siehe Mitteilung über die Übermittlung des internationalen Recherchenberichts (Formblatt PCT/ISA/220) sowie, soweit zutreffend, nachstehender Punkt 5	
Internationales Aktenzeichen PCT/DE 99/ 03825	Internationales Anmeldedatum (Tag/Monat/Jahr) 01/12/1999	(Frühestes) Prioritätsdatum (Tag/Monat/Jahr) 03/12/1998
Anmelder SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT et al.		

Dieser internationale Recherchenbericht wurde von der Internationalen Recherchenbehörde erstellt und wird dem Anmelder gemäß Artikel 18 übermittelt. Eine Kopie wird dem Internationalen Büro übermittelt.

Dieser internationale Recherchenbericht umfaßt insgesamt 3 Blätter.

☒ Darüber hinaus liegt ihm jeweils eine Kopie der in diesem Bericht genannten Unterlagen zum Stand der Technik bei.

1. Grundlage des Berichts

- a. Hinsichtlich der **Sprache** ist die internationale Recherche auf der Grundlage der internationalen Anmeldung in der Sprache durchgeführt worden, in der sie eingereicht wurde, sofern unter diesem Punkt nichts anderes angegeben ist.

☐ Die internationale Recherche ist auf der Grundlage einer bei der Behörde eingereichten Übersetzung der internationalen Anmeldung (Regel 23.1 b)) durchgeführt worden.

- b. Hinsichtlich der in der internationalen Anmeldung offenbarten **Nucleotid- und/oder Aminosäuresequenz** ist die internationale Recherche auf der Grundlage des Sequenzprotokolls durchgeführt worden, das

☐ in der internationalen Anmeldung in schriftlicher Form enthalten ist.

☐ zusammen mit der internationalen Anmeldung in computerlesbarer Form eingereicht worden ist.

☐ bei der Behörde nachträglich in schriftlicher Form eingereicht worden ist.

☐ bei der Behörde nachträglich in computerlesbarer Form eingereicht worden ist.

☐ Die Erklärung, daß das nachträglich eingereichte schriftliche Sequenzprotokoll nicht über den Offenbarungsgehalt der internationalen Anmeldung im Anmeldezeitpunkt hinausgeht, wurde vorgelegt.

☐ Die Erklärung, daß die in computerlesbarer Form erfaßten Informationen dem schriftlichen Sequenzprotokoll entsprechen, wurde vorgelegt.

2. ☐ Bestimmte Ansprüche haben sich als nicht recherchierbar erwiesen (siehe Feld I).

3. ☐ Mangelnde Einheitlichkeit der Erfindung (siehe Feld II).

4. Hinsichtlich der **Bezeichnung der Erfindung**

☒ wird der vom Anmelder eingereichte Wortlaut genehmigt.

☐ wurde der Wortlaut von der Behörde wie folgt festgesetzt:

5. Hinsichtlich der **Zusammenfassung**

☒ wird der vom Anmelder eingereichte Wortlaut genehmigt.

☐ wurde der Wortlaut nach Regel 38.2b) in der in Feld III angegebenen Fassung von der Behörde festgesetzt. Der Anmelder kann der Behörde innerhalb eines Monats nach dem Datum der Absendung dieses internationalen Recherchenberichts eine Stellungnahme vorlegen.

6. Folgende Abbildung der **Zeichnungen** ist mit der Zusammenfassung zu veröffentlichen: Abb. Nr. _____

☐ wie vom Anmelder vorgeschlagen

☐ weil der Anmelder selbst keine Abbildung vorgeschlagen hat.

☐ weil diese Abbildung die Erfindung besser kennzeichnet.

☒ keine der Abb.

if they lie in a continuous range.

6. The method as claimed in one of the preceding claims, in which the amount of measurement data is reduced in the course of a preprocessing operation.

5 7. The method as claimed in claim 6, in which the preprocessing operation comprises a classification of the measurement data.

8. The method as claimed in one of the preceding claims, in which the data obtained by means of
10 designing are used for controlling a technical plant.

9. The method as claimed in claim 8, for the online adaptation of the control for the technical plant.

10. An arrangement for designing a technical
15 system, with a processor unit which is set up in such a way that

a) measurement data of a predetermined system can
20 be described on the basis of a substitute model;

b) a numerical value for the quality of the
substitute model can be determined by comparing
25 the measurement data of the predetermined system with data determined by the substitute model;

c) the substitute model can be adapted from the
numerical value for the quality to be of as
30 high a quality as possible;

d) the substitute model adapted with regard to its
quality can be used for designing the technical
system.

PTC/PCT REC'D 01 JUN 2001

Beschreibung**Verfahren und Anordnung zum Entwurf eines technischen Systems**

- 5 Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Anordnung zum Entwurf eines technischen Systems.

Ein Systemverhalten eines technischen Systems, z.B. einer verfahrenstechnischen Anlage oder eines Systems der
10 Großindustrie, hängt von zahlreichen Parametern ab. Im Rahmen eines Entwurfs solche eines Systems, also insbesondere beim Neuentwurf oder bei der Anpassung bzw. Einstellung eines bereits bestehenden Systems, sind Vorbedingungen, z.B.
15 hinsichtlich der Wirtschaftlichkeit oder der Umweltbelastung des Systems, einzuhalten. Jede Vorbedingung wird als eine Zielfunktion formuliert, die zu optimieren im Hinblick auf die anderen Zielfunktionen allgemeines Bestreben ist.

Die **Aufgabe** der Erfindung besteht darin, den Entwurf eines
20 technischen Systems anhand von Meßdaten eines vorgegebenen Systems zu ermöglichen. Gerade im Hinblick auf eine Optimierung des bestehenden Systems bzw. auf einen optimierten Neuentwurf eines Systems ist eine derartige Nutzung bekannter Meßdaten von großer Bedeutung.

25 Diese Aufgabe wird gemäß den Merkmalen der unabhängigen Patentansprüche gelöst. Weiterbildungen der Erfindung ergeben sich auch aus den abhängigen Ansprüchen.

30 Zur Lösung der Aufgabe wird ein Verfahren zum Entwurf eines technischen Systems angegeben, bei dem Meßdaten eines vorgegebenen Systems anhand eines Ersatzmodells beschrieben werden. Es wird eine Maßzahl für die Güte des Ersatzmodells ermittelt, indem die Meßdaten des vorgegebenen Systems mit
35 durch das Ersatzmodell bestimmten Daten verglichen werden. Anhand der Maßzahl für die Güte wird das Ersatzmodell dahingehend angepaßt, daß es eine möglichst hohe Güte

aufweist. Das hinsichtlich seiner Güte angepaßte Ersatzmodell wird zum Entwurf des technischen Systems eingesetzt.

Die aus vielen unterschiedlichen realisierten Systemen
5 vorliegenden Meßdaten werden zur Beschreibung des
Ersatzmodells eingesetzt. Mit dem Ersatzmodell wird versucht,
das vorgegebene System möglichst gut nachzubilden. Die
Maßzahl für die Güte der Nachbildung wird ermittelt, indem
10 die realen Meßdaten mit den Daten, die anhand des
Ersatzmodells gewonnen werden, verglichen werden. Eine große
Differenz zwischen den Meßdaten und den Daten des
Ersatzmodells entspricht einer schlechten Güte, also einer
schlechten Abbildung des vorgegebenen Systems in das
Ersatzmodell. Durch die Maßzahl für die Güte wird das
15 Ersatzmodell dahingehend angepaßt, daß die Güte selbst
möglichst hoch wird und somit das Ersatzmodell das
vorgegebene System möglichst gut beschreibt. Das so gewonnene
Ersatzmodell mit hoher Güte wird zum Entwurf des technischen
Systems eingesetzt.

20

Unter Entwurf werden allgemein verstanden sowohl der
Neuentwurf eines technischen Systems als auch die Anpassung
bzw. Adaption eines bereits vorhandenen technischen Systems.

25 Eine Weiterbildung besteht darin, daß das Ersatzmodell ein
Regressionsmodell ist. Das Regressionsmodell geht von der
Beschreibung

$$y_i = f_{\beta}(x_i) + e_i$$

30

aus, wobei

(y_i, x_i) vorgegebene Wertepaare,
 f_{β} eine Funktion, die von einem Parameter β abhängt
und
35 e_i einen Fehler

bezeichnen.

Nun ist der Fehler (als Funktion von β) zu minimieren:

$$\sum_{i=1}^n e_i^2 = \varphi(\beta).$$

5 Geht man von folgendem Beispiel

$$y = \beta_0 + \beta_1 x + \beta_2 x^2 + e$$

10 aus, so ist der funktionale Zusammenhang quadratischer Ordnung, das Regressionsmodell (Funktion, abhängig von β) hingegen ist linear.

15 Die Güte kann in einer anderen Weiterbildung anhand einer quadratischen Abweichung der Meßdaten von den durch das Ersatzmodell bestimmten Daten ermittelt werden. Die Anpassung des Ersatzmodells erfolgt durch Minimierung der quadratischen Abweichung.

20 Eine Ausgestaltung besteht darin, daß die Meßdaten nach ihrer Güte, bezogen auf deren Abweichung von den durch das Ersatzmodell bestimmten Daten, sortiert werden und eine vorgegebene Anzahl von $n\%$ schlechtesten Meßdaten aussortiert werden. Es wird also eine Güte für jedes Meßdatum bestimmt, wobei die Menge der Meßdaten, vorzugsweise in Form einer
25 Liste, nach ihrer Güte sortiert und die $n\%$ schlechtesten bzw. die n schlechtesten Meßdaten aussortiert werden. Insbesondere ist zu prüfen, ob die $n\%$ bzw. die n schlechtesten Meßdaten in einem zusammenhängenden Bereich liegen. Ist dies der Fall, so werden diese Meßdaten nicht aussortiert, da sie mit hoher
30 Wahrscheinlichkeit keine Meßfehler, sondern einen zusammenhängenden Bereich bestimmen, der durch das Ersatzmodell nicht ausreichend genau abgebildet wurde.

35 Eine andere Weiterbildung besteht darin, daß die Meßdaten einer Vorverarbeitung unterzogen werden. Da in einem realen vorgegebenes System eine große Menge an Meßdaten pro

Zeiteinheit anfallen, ist es sinnvoll, diese Meßdaten einer Vorverarbeitung zu unterziehen und somit zu gewährleisten, daß weitgehend signifikante Meßdaten in die Bildung des Ersatzmodells einfließen. Bevorzugt findet die

5 Vorverarbeitung in einer Reduktion der Anzahl von Meßdaten ihre Ausprägung.

Dabei werden die Meßdaten entsprechend vorgegebener Kriterien in Klassen eingeteilt. Die Meßwerte einer Klasse werden

10 bewertet und diejenigen Meßwerte, deren Bewertung unterhalb eines vorgegebenen ersten Schwellwertes liegt, werden aussortiert. Durch die Aussortierung der Meßwerte ergibt sich eine Reduktion hinsichtlich der Anzahl der Meßwerte. Somit liegen für eine Weiterverarbeitung eine deutlich reduzierte

15 Anzahl von Meßwerten vor. Die Weiterverarbeitung kann mit gegenüber der nicht reduzierten Anzahl von Meßwerten geringerem Rechenaufwand erfolgen.

Auch können die Klassen selbst bewertet werden. Insbesondere

20 kann eine Klasse, deren Bewertung unterhalb eines vorgegebenen zweiten Schwellwerts liegt, aussortiert werden. Hierdurch ergibt sich eine zusätzliche Reduktion der Anzahl der Meßwerte.

25 Eine andere Weiterbildung der Vorverarbeitung besteht darin, daß ein Kriterium für die Klasseneinteilung darin besteht, daß pro Klasse Meßwerte zu einer Vorgabe von Einstellparametern des technischen Systems bestimmt werden. Typischerweise wird das technische System anhand einer

30 vorgegebenen Anzahl von Einstellparametern eingestellt, nach Einstellung erfolgt eine (zumeist zeitverzögerte) Reaktion des Systems auf die Einstellparameter (Einschwingverhalten, Einschwingvorgang des Systems) Nach Einstellung werden somit eine bestimmte Menge an Meßwerten aufgenommen, die dem

35 Einschwingvorgang zugeordnet werden können, wobei nach abgeschlossenem Einschwingvorgang (Übergang in den stationären Betrieb) weiterhin Meßwerte anfallen, die dem

vorgegebenen Satz Einstellparameter zugeordnet werden. Durch Verstellung der Einstellparameter wird eine neue Klasse bestimmt. Alle Meßwerte, die jeweils nach einer Verstellung der Einstellparameter anfallen, gehören in eine eigene Klasse.

- Zusätzlich können Meßwerte einer Klasse, die dem jeweiligen Einschwingvorgang zuordenbar sind, aussortiert werden. Weiterhin können fehlerhafte Meßwerte aussortiert werden. Die
- 10 Einstellung großer technischer Systeme ist in vielen Fällen auf eine langfristigen stationären Betrieb ausgerichtet. Meßwerte, die sich auf den Einschwingvorgang (von kurzer Dauer im Verhältnis zum stationären Betrieb nach abgeschlossenem Einschwingvorgang) beziehen, werden sinnvoll
- 15 aussortiert, da durch sie Meßwerte für den stationären Betrieb verfälscht werden. Insbesondere im Rahmen einer Modellierung des technischen Systems, sind die Meßdaten des stationären Verhaltens des technischen Systems interessant.
- 20 Eine Ausgestaltung besteht darin, die Anzahl der Meßwerte in einer Klasse dadurch zu reduzieren, daß mindestens ein repräsentativer Wert für die Meßwerte der Klasse bestimmt wird. Solch ein repräsentativer Wert kann sein:
- a) ein Mittelwert (z.B. ein gleitender Mittelwert) der
 - 25 Meßwerte der Klasse,
 - b) ein Maximalwert der Meßwerte der Klasse,
 - c) ein Minimalwert der Meßwerte der Klasse,
 - d) ein Median.
- 30 Bei Variante d) liegt ein Vorteil darin, daß immer ein Wert bestimmbar ist, den es tatsächlich gibt, wohingegen der Mittelwert a) selbst nicht als Wert vorkommt.

Je nach Anwendungsfall, kann eine geeignete Wahl zur

35 Bestimmung des repräsentativen Werts einer Klasse erfolgen.

Eine ganze Klasse mit Meßwerten kann aussortiert werden, wenn diese weniger als eine vorgegebene Anzahl Meßwerte enthält.

5 Eine andere Ausgestaltung besteht darin, daß diejenigen Meßwerte aussortiert werden, die um mehr als einen vorgegebenen Schwellwert von einem vorgebbaren Wert verschieden sind. Der vorgebbare Wert kann ein Mittelwert aller Meßwerte der Klasse oder ein zu erwartender Meßwert auf die jeweiligen Einstellparameter des technischen Systems
10 sein.

Im Rahmen einer anderen Weiterbildung werden die mittels Entwurf gewonnenen Daten zur Steuerung einer technischen Anlage eingesetzt. Zusätzlich kann die Steuerung der
15 technischen Anlage zur Laufzeit des Systems, also Online, erfolgen.

Auch wird zur Lösung der Aufgabe eine Anordnung zum Entwurf eines technischen Systems angegeben, die eine
20 Prozessoreinheit aufweist, welche Prozessoreinheit derart eingerichtet ist, daß Meßdaten eines vorgegebenen Systems anhand eines Ersatzmodells beschreibbar sind. Eine Maßzahl für die Güte des Ersatzmodells ist ermittelbar, indem die Meßdaten des vorgegebenen Systems mit durch das Ersatzmodell
25 bestimmten Daten verglichen werden. Aus der Maßzahl für die Güte ist das Ersatzmodell dahingehend anpaßbar, daß es eine möglichst hohe Güte aufweist. Das hinsichtlich seiner Güte angepaßte Ersatzmodell ist zum Entwurf des technischen Systems einsetzbar.

30 Diese Anordnung ist insbesondere geeignet zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens oder einer seiner vorstehend erläuterten Weiterbildungen.

35 Ausführungsbeispiele der Erfindung werden nachfolgend anhand der Zeichnung dargestellt und erläutert.

Es zeigen

Fig.1 ein Blockdiagramm, das Schritte eines Verfahrens zum Entwurf eines technischen Systems enthält;

5

Fig.2 eine schematische Skizze eines Recovery-Boilers;

Fig.3-5 Eingangsgrößen, Stellgrößen und Ausgangsgrößen des Recovery-Boilers.

10

In **Fig.1** ist ein Blockdiagramm dargestellt, das Schritte eines Verfahrens zum Entwurf eines technischen Systems enthält. In einem Schritt 101 wird anhand von Meßdaten ein
15 Ersatzmodell gebildet. Bevorzugt ist dieses Ersatzmodell ein Regressionsmodell. Um das in Schritt 101 entstandene Ersatzmodell auf die Meßdaten anzupassen, also eine Verfeinerung des Ersatzmodells vorzunehmen, so daß die Meßdaten das Ersatzmodell in ausreichender Näherung
20 beschreiben, wird in einem Schritt 102 eine Maßzahl für die Güte des Ersatzmodells bestimmt. Diese Maßzahl wird bestimmt, indem die Meßdaten des vorgegebenen Systems mit durch das Ersatzmodell bestimmten Daten verglichen werden. Bevorzugt erhält jedes Meßdatum eine Maßzahl für die Güte, welche
25 Maßzahl die Abweichung des Meßdatums mit dem zugehörigen von dem Ersatzmodell bestimmten Wert kennzeichnet. Die Summe aller Maßzahlen für die Güte für alle Meßdaten bestimmt eine Gesamtgüte für das Ersatzmodell. In einem Schritt 103 wird die Güte maximiert, indem die Maßzahl für die Güte (bzw. eine
30 negative Güte für die Übereinstimmung des Ersatzmodells mit dem vorgegebenen System) minimiert wird. Ist eine entsprechend hohe Güte für das Ersatzmodell bestimmt, so wird in einem Schritt 104 dieses Ersatzmodell für den Entwurf des technischen Systems eingesetzt. Der Entwurf kann sowohl ein
35 Neuentwurf (vgl. Schritt 105) oder eine Anpassung eines schon bestehenden technischen Systems (vgl. Schritt 106) sein.

Fig.2 zeigt eine schematische Skizze eines Recovery-Boilers. Nachfolgend wird anhand des Beispiels "Recovery-Boiler" ein Ausführungsbeispiel des oben beschriebenen Verfahrens veranschaulicht.

5

In der Papier- und Zellstoffindustrie werden zum Aufschluß von Zellstoff verschiedene Chemikalien sowie Wärme und Elektroenergie benötigt. Aus einer eingedeckten Prozeßablauge (Schwarzlauge) lassen sich mit Hilfe des Recovery-Boilers die
10 verwendeten Chemikalien und zusätzlich Wärmeenergie zurückgewinnen. Ein Grad für die Zurückgewinnung der Chemikalien ist von entscheidender Bedeutung für die Wirtschaftlichkeit der Gesamtanlage.

15 Die Schwarzlauge wird in einem Schmelzbett 201 verbrannt. Dabei bildet sich eine Alkalischmelze, die über eine Leitung 202 abfließt. Aus den Bestandteilen der Alkalischmelze werden in weiteren Verfahrensschritten die eingesetzten Chemikalien zurückgewonnen. Frei gewordene Verbrennungswärme wird zur
20 Erzeugung von Wasserdampf genutzt. Die Verbrennung der Ablauge und damit die Rückgewinnung der Chemikalien beginnt mit der Zerstäubung der Schwarzlauge über Zerstäuberdüsen 204 in eine Brennkammer 203. Partikel der zerstäubten Schwarzlauge werden bei ihrem Fall durch das heiße Rauchgas
25 getrocknet. Die getrockneten Laugenpartikel fallen auf das Schmelzbett 201, wobei eine erste Verbrennung und eine chemische Reduktion stattfinden. Flüchtige Bestandteile und Reaktionsprodukte gelangen in eine Oxidationszone, in der oxidierende Reaktionen ablaufen und in der die Verbrennung
30 abgeschlossen wird.

Wichtige Zielvorgaben für die Steuerung des Recovery-Boilers sind die Dampfproduktion zur Energiegewinnung, die Einhaltung von Emissionswerten unter Umweltgesichtspunkten und die
35 Effizienz der chemischen Reduktion.

Der Verbrennungsvorgang, und damit die Zielvorgaben, werden insbesondere durch die Luftzufuhr in drei Ebenen (Primary Air (PA), Secondary Air (SA), Tertiary Air (TA)) gesteuert. Der Gesamtprozeß unterliegt zahlreichen Einflüssen, die bei der Modellierung zu berücksichtigen sind:

- a) Die Messung der Größen unterliegen oftmals starken Schwankungen;
- b) Es existieren nicht gemessene und nicht meßbare Einflußgrößen;
- c) Bei jeder Änderung der einstellbaren Parameter kommt es zu Einschwingvorgängen;
- d) Die technische Anlage verschmutzt und wird in vorgegebenen Abständen gereinigt, wodurch im Systemverhalten jeweils ein zeitlicher Drift bewirkt wird.

Die gemessenen Größen des Gesamtprozesses werden in Eingangsgrößen (vgl. Fig.3) und Ausgangsgrößen (vgl. Fig.5) unterteilt. Jede Minute werden Meßwerte abgespeichert. Vier der Eingangsgrößen sind gleichzeitig auch Stellgrößen (auch: einstellbare Parameter; vgl. Fig.4). Die Stellgrößen sind im wesentlichen als unabhängig voneinander einstellbare freie Parameter des Gesamtprozesses anzusehen. Einige der anderen Eingangsgrößen sind von den Stellgrößen mehr oder minder abhängig. Gemäß einer Vorgabe sind beim Recovery-Boiler die Größen "BL Front Pressure" und "BL Back Pressure" stets gleich zu regeln. Die vier Stellgrößen (vgl. Fig.4) sind vorzugsweise abzuspeichern als Stellgrößen (mit dem gewünschten, voreingestellten Wert) und als Eingangsgrößen (mit dem gemessenen, realen Wert).

Beim Recovery-Boiler besteht eine Problemstellung darin, in Abhängigkeit von den einstellbaren Parametern bestimmte

Zielvorgaben, die über gemessene Größen definiert werden, zu erfüllen. Hier wird eine dreistufige Vorgehensweise zur Lösung des Problems gewählt:

- 5 1. Die zu betrachtenden Zielvorgaben werden durch
stochastische Methoden modelliert, wobei diese Modelle
durch neue Messungen aktualisiert werden
(datengetriebene, empirische Modellierung). Dabei ist es
10 sinnvoll, nicht nur ein einziges Modell zu verwenden,
sondern globale Modelle für die Identifikation
interessanter Gebiete in einem durch die Zielvorgaben
bestimmten Parameterraum und lokale Modelle zur exakten
Berechnung optimaler Arbeitspunkte einzusetzen. Die
verwendeten Modelle werden durch Gütemaße bewertet.
15
2. Falls die betrachteten Modelle aufgrund der Datenlage
nicht hinreichend genau sind (Gütemaße), werden gezielt
neue Arbeitspunkte zur Modellverbesserung ausgewertet
(Experimental Design). Ferner werden durch Verwendung
20 globaler stochastischer Optimierungsverfahren bzgl. der
Zielvorgaben attraktive Gebiete in Abhängigkeit vom
aktuellen globalen Modell identifiziert.
- 25 3. Für die lokale Optimierung werden lokale Modelle
konstruiert und die zur Verfügung stehenden Datensätze
gegebenenfalls gezielt erweitert (Experimental Design).

Bei den Zielvorgaben handelt es sich um physikalisch-
technische bzw. betriebswirtschaftliche Kriterien, die in der
30 Regel Randbedingungen und/oder Sicherheitsbedingungen
entsprechen müssen. Häufig sind mehrere dieser Kriterien
gleichzeitig zu betrachten. Die Verwendung eines
stochastischen Modells kann insbesondere dazu verwendet
werden, die zu optimierenden Zielgrößen und ihre Abhängigkeit
35 von den einzustellenden Parametern im Rechner zu simulieren.
Dies ist dann notwendig, wenn Messungen sehr kostenintensiv

bzw. sehr zeitaufwendig sind. Bei Sicherheitsanforderungen können mögliche Gefahrensituationen vermieden werden.

Beim Recovery-Boiler ist eine Online-Optimierung, die auf mehreren Daten basiert, notwendig, weil die physikalisch-chemischen Prozesse nicht mit ausreichender Genauigkeit quantitativ modelliert werden können und weil das Verhalten der Anlage im Verlauf des Betriebs Schwankungen unterliegt. Das Wissen über dieses Verhalten muß stetig durch gezielte Wahl neuer Arbeitspunkte erweitert werden. Daher empfiehlt sich im Rahmen der Online-Optimierung das bereits beschriebene dreistufige Vorgehen der stochastischen Modellierung und der mathematischen Optimierung.

15

BESCHREIBUNG DER EINGANGSGRÖSSEN

Die a Eingangsgrößen ($a \in \mathbb{N}$, \mathbb{N} : Menge der natürlichen Zahlen) sind im allgemeinen von n Stellgrößen $n \in \mathbb{N}$ und von Zufallseffekten abhängig. Sie können wie folgt beschrieben werden:

Es seien $(\Omega, \mathcal{S}, \mathcal{P})$ ein Wahrscheinlichkeitsraum und \mathcal{B}^v eine Borelsche σ -Algebra über \mathbb{R}^v (\mathbb{R} : Menge der reellen Zahlen) für jedes $v \in \mathbb{N}$. Die Eingangsgrößen werden über eine $\mathcal{B}^n \times \mathcal{S} - \mathcal{B}^a$ -meßbare Abbildung φ dargestellt:

$$\varphi : \mathbb{R}^n \times \Omega \rightarrow \mathbb{R}^a \quad (1).$$

Die Definitionsmenge der Abbildung φ ist ein kartesisches Produkt zweier Mengen. Betrachtet man die jeweiligen Projektionen auf die Einzelmengen, so erhält man folgende Abbildungen:

$$\varphi_x : \Omega \rightarrow \mathbb{R}^a, \omega \rightarrow \varphi(x, \omega) \quad \text{für alle } x \in \mathbb{R}^n \quad (2),$$

$$\varphi^\omega: \mathbb{R}^n \rightarrow \mathbb{R}^a, x \rightarrow \varphi(x, \omega) \quad \text{für alle } \omega \in \Omega \quad (3).$$

$\{\varphi_x; x \in \mathbb{R}^n\}$ ist ein stochastischer Prozeß mit einer Indexmenge \mathbb{R}^n und eine Abbildung φ^ω ist für jedes Ereignis $\omega \in \Omega$ ein Pfad dieses stochastischen Prozesses.

Beim Recovery-Boiler ist $n=4$ und $a=14$ (nach Elimination der Größe "BL Back Pressure").

Aufgrund der geforderten Meßbarkeit der Abbildung φ_x ist für jedes $x \in \mathbb{R}^n$ die Abbildung φ_x eine Zufallsvariable. Unter geeigneten Zusatzvoraussetzungen können Erwartungswerte und höhere Momente betrachtet werden. Dieser Zugang ermöglicht den Schritt von stochastischen Modellen zu deterministischen Optimierungsproblemen. Bei einem deterministischen Optimierungsproblem ist die Zielfunktion direkt mittels einer Variablen einstellbar, wohingegen die stochastische Größe die Zielfunktion beeinflusst, aber keine gezielte Einstellung ermöglicht.

BESCHREIBUNG DER AUSGANGSGRÖßEN

Das Prozeßmodell M des Recovery-Boilers wird als Funktion in Abhängigkeit von den Eingangsgrößen und weiteren Zufallseffekten beschrieben. Dabei sei $(\Omega, \mathcal{S}, \mathcal{P})$ der obige Wahrscheinlichkeitsraum. Das Prozeßmodell M ist dann eine $\mathcal{B}^a \times \mathcal{S} - \mathcal{B}^b$ -meßbare Abbildung:

$$M: \mathbb{R}^a \times \Omega \rightarrow \mathbb{R}^b \quad (4),$$

wobei b die Anzahl der Ausgangsgrößen bezeichnet.

Da der Recovery-Boiler einem zyklischen zeitlichen Drift unterliegt (von Reinigungsphase zu Reinigungsphase), ist zudem eine Beschreibung mit einem Zeitparameter denkbar. Die

Ausgangsgrößen lassen sich durch $\mathcal{B}^n \times \mathcal{S} - \mathcal{B}^b$ -meßbare Abbildungen ψ darstellen:

$$\psi : \mathbb{R}^n \times \Omega \rightarrow \mathbb{R}^b \quad (5),$$

5

$$(x, \omega) \rightarrow M(\varphi(x, \omega), \omega) \quad (6).$$

Betrachtet man die jeweiligen Projektionen auf die
Einzelmengen der Definitionsmenge, so erhält man folgende
10 Abbildungen

$$\psi_x : \Omega \rightarrow \mathbb{R}^b, \omega \rightarrow \psi(x, \omega) \quad \text{für alle } x \in \mathbb{R}^n \quad (7),$$

$$\psi^\omega : \mathbb{R}^n \rightarrow \mathbb{R}^b, x \rightarrow \psi(x, \omega) \quad \text{für alle } \omega \in \Omega \quad (8).$$

15

$\{\psi_x; x \in \mathbb{R}^n\}$ ist ein stochastischer Prozeß mit einer
Indexmenge \mathbb{R}^n und die Abbildung ψ^ω ist für jedes $\omega \in \Omega$ ein
Pfad dieses stochastischen Prozesses.

20 Beim Recovery-Boiler ist $b=15$.

Die Tatsache, daß bei der Definition von ψ zwischen den
verwendeten Ereignissen ω nicht unterschieden wird, bedeutet
keine Einschränkung, da Ω als kartesisches Produkt aus einem
25 Ω_1 und einem Ω_2 dargestellt werden kann. Die obige
Darstellung umfaßt somit auch das Modell:

$$\psi : \mathbb{R}^n \times \Omega_1 \times \Omega_2 \rightarrow \mathbb{R}^b \quad (9),$$

$$(x, \omega_1, \omega_2) \rightarrow M(\varphi(x, \omega_1), \omega_2) \quad (10).$$

30

BESCHREIBUNG DER ZUR VERFÜGUNG STEHENDEN DATENSÄTZE

Mit den Beschreibungen in den beiden vorangegangenen Abschnitten kann man die Eingangsgrößen und die Ausgangsgrößen gemeinsam zu Meßgrößen (=Meßdaten) Φ zusammenfassen. Φ ist eine $\mathcal{B}^n \times \mathcal{S} - \mathcal{B}^m$ -meßbare Abbildung mit $m = a + b$ und

5

$$\Phi : \mathbb{R}^n \times \Omega \rightarrow \mathbb{R}^m \quad (11),$$

$$(x, \omega) \rightarrow \begin{pmatrix} \varphi(x, \omega) \\ \psi(x, \omega) \end{pmatrix} \quad (12).$$

10 Betrachtet man wieder die jeweiligen Projektionen auf die Einzelmengen der Definitionsmenge, so erhält man folgende Abbildungen:

$$15 \quad \Phi_x : \Omega \rightarrow \mathbb{R}^m, \omega \rightarrow \Phi(x, \omega) \quad \text{für alle } x \in \mathbb{R}^n \quad (13),$$

$$\Phi^\omega : \mathbb{R}^n \rightarrow \mathbb{R}^m, x \rightarrow \Phi(x, \omega) \quad \text{für alle } \omega \in \Omega \quad (14).$$

$\{\Phi_x; x \in \mathbb{R}^n\}$ ist ein stochastischer Prozeß mit einer Indexmenge \mathbb{R}^n und die Abbildung Φ^ω ist für jedes $\omega \in \Omega$ ein Pfad dieses stochastischen Prozesses.

Für jedes gewählte Stellgrößentupel x werden beim Recovery-Boiler viele Realisierungen von Φ_x ermittelt und
25 abgespeichert, d.h. zu jedem $x_j \in \mathbb{R}^n$ werden zahlreiche Realisierungen

$$\Phi_{jk} := \Phi(x_j, \omega_{jk}) \quad (15)$$

30 mit $\omega_{jk} \in \Omega; k = 1, 2, \dots, v_j;$

$$v_j \in \mathbb{N}; j = 1, 2, \dots, u; u \in \mathbb{N}$$

betrachtet. Die gespeicherten Datensätze D_{jk} des Recovery-Boilers sind also $(n + m)$ -Tupel:

$$D_{jk} = \begin{pmatrix} x_j \\ \Phi_{jk} \end{pmatrix}, \quad k = 1, 2, \dots, v_j; \quad j = 1, 2, \dots, u \quad (16).$$

5

Dabei wird $D_{j_1 k_1}$ vor $D_{j_2 k_2}$ abgespeichert, wenn

$$(j_1 < j_2) \vee ((j_1 = j_2) \wedge (k_1 < k_2))$$

10 gilt.

DATENKOMPRESSION DURCH KLASSENEINTEILUNG DER PARAMETER

15 Da für jedes Stellgrößentupel x im allgemeinen mehrere Realisierungen von Φ_x vorliegen, bietet sich aufgrund der komplexen stochastischen Eigenschaften des zu betrachtenden Prozesses als erster Schritt der statistischen Datenanalyse eine Klasseneinteilung der Parameter durch Bildung
20 arithmetischer Mittelwerte an. Zudem werden offensichtlich fehlerhafte Datensätze ausgesondert. Ein offensichtlich fehlerhafter Datensatz ist bspw. eine physikalisch unmögliche Messung, der insbesondere aufgrund einer vorgenommenen Einstellung real gar nicht vorkommen kann.

25

Vorgehensweise:

1. Datensätze, bei denen die Größe "BL Front Pressure" ungleich der Größe "BL Back Pressure" ist, werden
30 aussortiert, da diese beiden Werte nach Vorgabe der Anlagensteuerung gleich sein müssen. Der Datenverlust ist sehr gering.
2. Die Datensätze werden auf Klassen aufgeteilt, in denen
35 die vier Einstellparameter (PA, SA, TA, BL Front Pressure, siehe oben) zeitlich aufeinanderfolgend

konstant sind, d.h. die j-te Klasse besteht aus den Datensätzen $D_{j\bullet}$.

3. Klassen, in denen sich weniger als 30 Datensätze befinden, werden ausgesondert, damit Einschwingvorgänge keinen großen Einfluß haben.
4. Für jede Klasse werden ein arithmetischer Mittelwert $\bar{\Phi}_j$ und eine empirische Standardabweichung s_j für alle Meßgrößen ermittelt:

$$\bar{\Phi}_j = \frac{1}{v_j} \cdot \sum_{k=1}^{v_j} \Phi_{jk} \quad (17),$$

$$s_j = \left(\begin{array}{c} \left(\frac{1}{v_j - 1} \cdot \sum_{k=1}^{v_j} (\Phi_{jk}^{(1)} - \bar{\Phi}_j^{(1)})^2 \right)^{\frac{1}{2}} \\ \vdots \\ \left(\frac{1}{v_j - 1} \cdot \sum_{k=1}^{v_j} (\Phi_{jk}^{(m)} - \bar{\Phi}_j^{(m)})^2 \right)^{\frac{1}{2}} \end{array} \right) \quad (18).$$

15

5. Klassen bei denen die Mittelwerte für die Größen PA, SA, TA oder BL Front Pressure zu weit von den entsprechenden Einstellparametern entfernt sind, werden ausgesondert. Auf diesen Klassen konnten also die Einstellwerte nicht erreicht werden.

20

STATISTISCHE KENNGRÖßEN FÜR DIE GEGEBENEN KLASSEN UND IHRE GRAPHISCHE DARSTELLUNG

- Neben den arithmetischen Mittelwerten und den empirischen Standardabweichungen, die für die einzelnen Klassen bestimmt wurden, wird noch eine gemeinsame Standardabweichung s bestimmt gemäß

$$s = \sqrt{\left(\frac{1}{v-1} \cdot \sum_{j=1}^u (v_j - 1) s_j^{(1)2} \right)^{\frac{1}{2}} + \left(\frac{1}{v-1} \cdot \sum_{j=1}^u (v_j - 1) s_j^{(m)2} \right)^{\frac{1}{2}}} \quad (19)$$

10

Dabei steht u für die Anzahl der Klassen (hier 205) und v für die Summe der v_j , d.h. v ist die Anzahl aller verwendeten Meßwerte (hier 38915).

15

LINEARE REGRESSIONSMODELLE FÜR FUNKTIONSDAPPROXIMATIONEN

- Für jede Meßgröße (Meßdatum) $\Phi^{(i)}$ ($i=1,2,\dots,m$) wird, basierend auf dem arithmetischen Mittel über die Klassen, ein lineares Regressionsmodell in Abhängigkeit von der quadratischen Kombination der vier Einstellparameter berechnet. In der folgenden Darstellung ist $x \in \mathbb{R}^4$, wobei

$x^{(1)}$: Primary Air (PA)

$x^{(2)}$: Secondary Air (SA)

$x^{(3)}$: Tertiary Air (TA)

$x^{(4)}$: Black Liquor (BL) Front Pressure

gilt. $u \in \mathbb{N}$ bezeichnet die Anzahl der Klassen. Jede Meßgröße $\Phi^{(i)}$ wird durch

5

$$\Phi^{(i)}(x, \omega) = a_i^T r(x) + e_i(\omega) \quad (20)$$

mit $a_i \in \mathbb{R}^{15}$ modelliert. Dabei gelten

10

$$r : \mathbb{R}^4 \rightarrow \mathbb{R}^{15} \quad (21)$$

$$(\zeta_1, \zeta_2, \zeta_3, \zeta_4)^T \rightarrow (1, \zeta_1, \zeta_2, \zeta_3, \zeta_4, \zeta_1^2, \zeta_2^2, \zeta_3^2, \zeta_4^2, \zeta_1\zeta_2, \zeta_1\zeta_3, \zeta_1\zeta_4, \zeta_2\zeta_3, \zeta_2\zeta_4, \zeta_3\zeta_4)^T \quad (22),$$

15 d.h. Polynome zweiten Grades werden an die Meßdaten angepaßt, und

$$e_i : \Omega \rightarrow \mathbb{R} \quad (23)$$

20 ist eine Zufallsvariable mit Erwartungswert 0.

Der Vektor a_i wird mit der Methode der kleinsten Fehlerquadrate bestimmt, allerdings werden statt der Originaldatensätze $(x_j, \Phi_{jk}^{(i)})^T$ die arithmetischen Mittel

25 $(x_j, \bar{\Phi}_j^{(i)})^T$ verwendet. Diese Vorgehensweise eignet sich, da durch lineare Regressionsmodelle insbesondere Erwartungswerte geschätzt werden. Somit erhält man das Minimierungsproblem:

$$\min_{a_i \in \mathbb{R}^{15}} \left\{ \left\| \begin{pmatrix} \bar{\Phi}_1^{(i)} \\ \vdots \\ \bar{\Phi}_u^{(i)} \end{pmatrix} - \begin{pmatrix} r(x_1)^T \\ \vdots \\ r(x_u)^T \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} a_i^{(1)} \\ \vdots \\ a_i^{(15)} \end{pmatrix} \right\|_2^2 \right\} \quad (24).$$

Es sei \bar{a}_i der optimale Punkt des quadratischen Minimierungsproblems aus Gleichung (24). Ferner gelte:

$$\hat{y}_i := \begin{pmatrix} r(x_1)^T \\ \vdots \\ r(x_u)^T \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} \bar{a}_i^{(1)} \\ \vdots \\ \bar{a}_i^{(15)} \end{pmatrix} \in \mathbb{R}^u \quad (25),$$

5

$$\bar{y}_i := \frac{1}{u} \cdot \sum_{j=1}^u \bar{\Phi}_j^{(i)} \in \mathbb{R} \quad (26).$$

Zur Validierung des Regressionsansatzes wird ein Bestimmtheitsmaß R^2 berechnet gemäß

10

$$R^2 := \frac{\sum_{j=1}^u \left(\hat{y}_i^{(j)} - \bar{y}_i \right)^2}{\sum_{j=1}^u \left(\bar{\Phi}_j^{(i)} - \bar{y}_i \right)^2} = \frac{\hat{y}_i^T \hat{y}_i - u \bar{y}_i^2}{\bar{\Phi}^{(i)T} \bar{\Phi}^{(i)} - u \bar{y}_i^2} \quad (27)$$

mit

$$\bar{\Phi}^{(i)} = \begin{pmatrix} \bar{\Phi}_1^{(i)} \\ \vdots \\ \bar{\Phi}_u^{(i)} \end{pmatrix} \quad (28).$$

15

Je näher R_i^2 bei 1 liegt, desto besser wird die abhängige Variable durch die unabhängigen Variablen dargestellt ($0 \leq R_i^2 \leq 1$).

20

Zusätzlich wird ein Maximum $E_{\max}^{(i)}$ für einen Absolutwertes der Abweichung der Daten vom Modell angegeben als

$$E_{\max}^{(i)} := \max_{j=1, \dots, u} \left\{ \left| \bar{\Phi}_j^{(i)} - \hat{y}_i^{(j)} \right| \right\} \quad (29).$$

25

$E_{90\%}^{(i)}$ ist derjenige Wert, unterhalb dessen mindestens 90% der Absolutwerte der Abweichungen der Daten vom Modell liegen.

Analog dazu ist $E_{80\%}^{(i)}$ derjenige Wert, unterhalb dessen mindestens 80% der Absolutwerte der Abweichungen der Daten vom Modell liegen. Mit dem optimalen Punkt \bar{a}_i des Minimierungsproblems gemäß Gleichung (24) läßt sich ein Modell $\tilde{\Phi}^{(i)}$ des Erwartungswertes der Meßgröße $\Phi^{(i)}$ angeben zu

$$\tilde{\Phi}^{(i)} := \mathbb{R}^n \rightarrow \mathbb{R} \quad (30),$$

$$x \rightarrow \bar{a}_i^T r(x) \quad (31).$$

Insbesondere läßt sich der Gradient $\nabla \tilde{\Phi}^{(i)}$ analytisch angeben mit

$$\nabla \tilde{\Phi}^{(i)}(x) = \frac{dr}{dx}(x) \cdot \bar{a}_i \quad \text{für alle } x \in \mathbb{R}^n \quad (32).$$

Patentansprüche

1. Verfahren zum Entwurf eines technischen Systems,
 - 5 a) bei dem Meßdaten eines vorgegebenen Systems anhand eines Ersatzmodells beschrieben werden;
 - b) bei dem eine Maßzahl für die Güte des Ersatzmodells ermittelt wird, indem die Meßdaten des vorgegebenen
10 Systems mit durch das Ersatzmodell bestimmten Daten verglichen werden;
 - c) bei dem aus der Maßzahl für die Güte das Ersatzmodell dahingehend angepaßt wird, daß es eine möglichst hohe
15 Güte aufweist;
 - d) bei dem das hinsichtlich seiner Güte angepaßte Ersatzmodell zum Entwurf des technischen Systems eingesetzt wird.
20
2. Verfahren nach Anspruch 1,
bei dem das Ersatzmodell ein Regressionsmodell ist.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2,
25 bei dem die Güte anhand einer quadratischen Abweichung der Meßdaten von den durch das Ersatzmodell bestimmten Daten ermittelt wird.
4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
30 bei dem die Meßdaten nach deren Güte, bezogen auf deren Abweichung von den durch das Ersatzmodell bestimmten Daten, sortiert werden und eine vorgegebene Anzahl von $n\%$ schlechtesten Meßdaten aussortiert werden.
- 35 5. Verfahren nach Anspruch 4,
bei dem die $n\%$ schlechtesten Meßdaten nicht aussortiert

werden, wenn sie in einem zusammenhängenden Bereich liegen.

- 5 6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
bei dem die Menge der Meßdaten im Rahmen einer
Vorverarbeitung reduziert wird.
- 10 7. Verfahren nach Anspruch 6,
bei dem die Vorverarbeitung eine Klasseneinteilung der
Meßdaten umfaßt.
- 15 8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
bei dem die mittels Entwurf gewonnenen Daten zur
Steuerung einer technischen Anlage eingesetzt werden.
- 20 9. Verfahren nach Anspruch 8,
zur Online-Anpassung der Steuerung für die technische
Anlage.
- 25 10. Anordnung zum Entwurf eines technischen Systems,
mit einer Prozessoreinheit, die derart eingerichtet ist,
daß
 - a) Meßdaten eines vorgegebenen Systems anhand eines
Ersatzmodells beschreibbar sind;
 - b) eine Maßzahl für die Güte des Ersatzmodells
ermittelbar ist, indem die Meßdaten des vorgegebenen
Systems mit durch das Ersatzmodell bestimmten Daten
verglichen werden;
 - c) aus der Maßzahl für die Güte das Ersatzmodell
dahingehend anpaßbar ist, daß es eine möglichst hohe
Güte aufweist;
 - d) das hinsichtlich seiner Güte angepaßte Ersatzmodell
zum Entwurf des technischen Systems einsetzbar ist.

Zusammenfassung

Verfahren und Anordnung zum Entwurf eines technischen Systems

- 5
- Zur Lösung der Aufgabe wird ein Verfahren zum Entwurf eines technischen Systems angegeben, bei dem Meßdaten eines vorgegebenen Systems anhand eines Ersatzmodells beschrieben werden. Es wird eine Maßzahl für die Güte des Ersatzmodells
- 10 ermittelt, indem die Meßdaten des vorgegebenen Systems mit durch das Ersatzmodell bestimmten Daten verglichen werden. Anhand der Maßzahl für die Güte wird das Ersatzmodell dahingehend angepaßt, daß es eine möglichst hohe Güte
- 15 aufweist. Das hinsichtlich seiner Güte angepaßte Ersatzmodell wird zum Entwurf des technischen Systems eingesetzt.

FIG 1

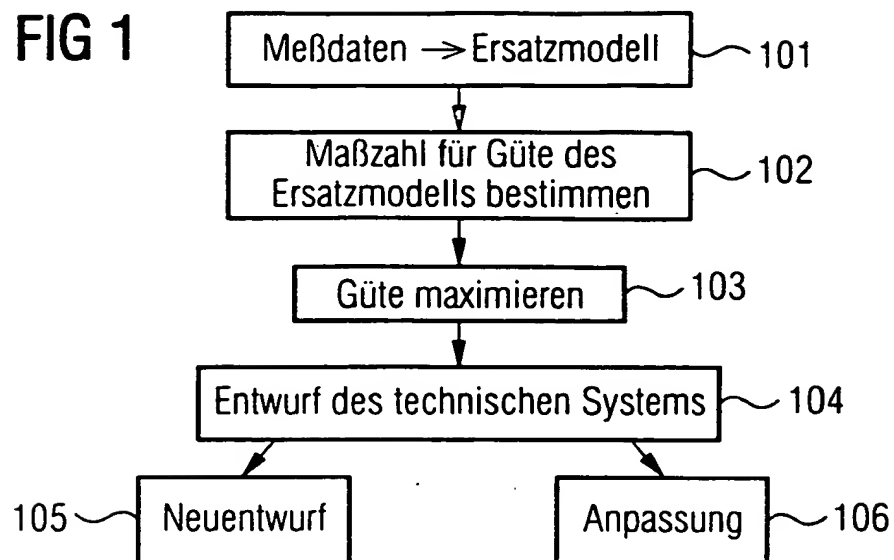


FIG 2

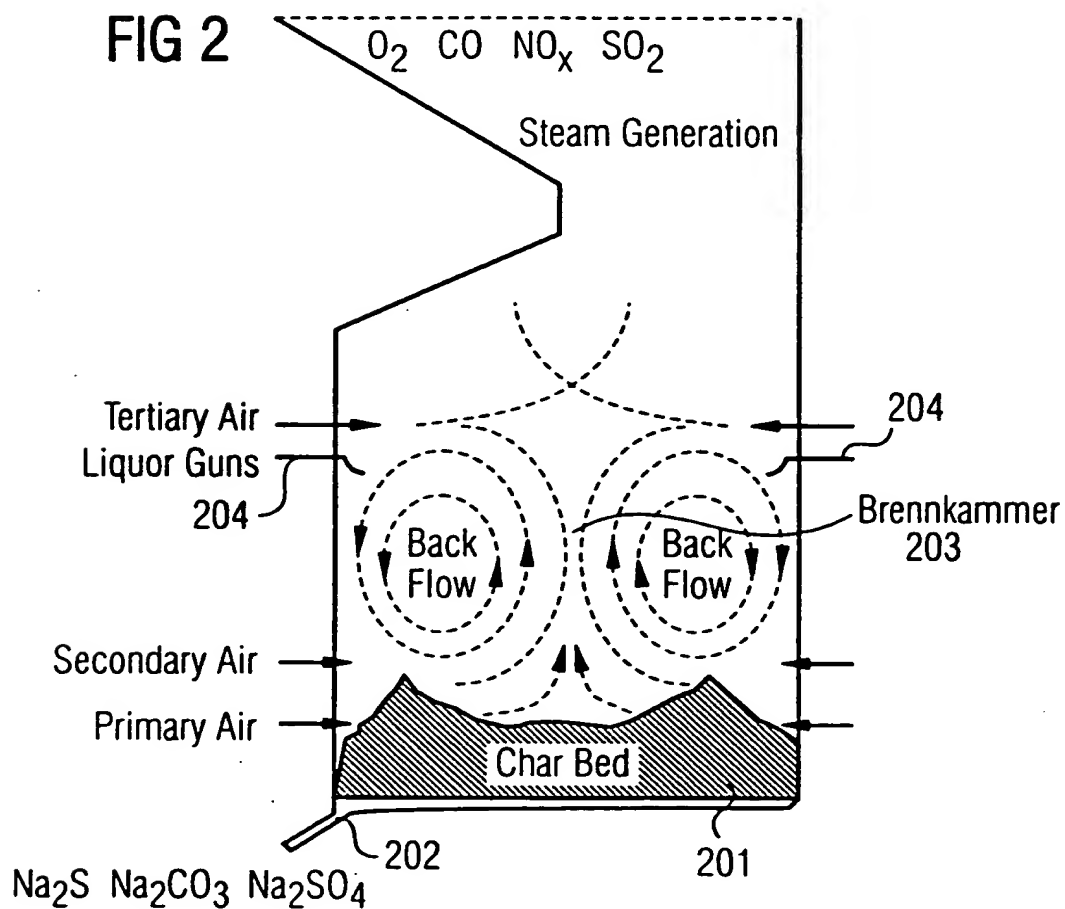


FIG 3

Eingangsgrößen		
	Meßgröße	Beschreibung
1	FI 7081	BL Flow
2	QI 7082 A	Dry Solids Content
3	FIC 7280 X	PA Primary Air
4	FIC 7281 X	SA Secondary Air
5	FIC 7282 X	TA Tertiary Air
6	PI 7283	PA Pressure
7	PI 7284	SA Pressure
8	PHI 7285	TA Pressure
9	TIC 7288 X	PA Temperature
10	TIC 7289 X	SA Temperature
11	PIC 7305 X	Press Induced Draft
12	HO 7338	Oil Valve
13	TI 7347	BL Temperature
14	PIC 7349 X	BL Front Pressure
15	PIC 7351 X	BL Back Pressure

FIG 4

Stellgrößen		
	Meßgröße	Beschreibung
1	FIC 7280 X	PA Primary Air
2	FIC 7281 X	SA Secondary Air
3	FIC 7282 X	TA Tertiary Air
4	PIC 7349 X	BL Front Pressure

FIG 5

Ausgangsgrößen		
	Meßgröße	Beschreibung
1	TIC 7249 X	Steam Temperature
2	FI 7250	Steam Production
3	QI 7322	O_2
4	TI 7323	Smoke Temperature
5	QI 7331	H_2S
6	QI 7332	SO_2
7	QIC 7333 X	CO
8	QIC 7370 X	Spec. Weight of Green Liquor
9	QI 7531	NO
10	IBM 8096	Reduction Efficiency
11	IBM 8109	PH Value
12	TI 7352	Bed Temperature
13	IBM 8015	$NaOH$
14	IBM 8016	Na_2S
15	IBM 8017	Na_2CO_3